

CH 663 473 A5

107



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 663 473 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 N 21/55
G 01 B 21/30

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer:	2240/83	㉚③ Inhaber:	Volpi AG, Urdorf
㉚② Anmeldungsdatum:	26.04.1983	㉚⑦ Erfinder:	Rieder, Peter, Dietikon Buxbaum, Charly, Dr., Baden Schürmann, Robert, Stäfa
㉚④ Patent erteilt:	15.12.1987	㉚⑦④ Vertreter:	Ritscher & Seifert, Zürich
㉚⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.12.1987		

㉚⑤④ Verfahren zum optischen Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit von Festkörpern.

㉚⑤⑦ Bei diesem Verfahren wird das Beleuchtungslicht senkrecht auf die zu untersuchende Oberfläche gerichtet. Von dem von der beleuchteten Fläche zurückgestreuten Licht wird die Intensität in mindestens zwei vorgegebenen Richtungen gemessen. Aus der Differenz dieser Messwerte wird ein Mass für die Neigung der Streulichtkurve im vorgegebenen Winkelbereich abgeleitet, das wiederum charakteristisch ist für den gesamten Verlauf dieser Kurve, der von der Rauheit der Oberfläche bestimmt wird. Die Intensität des in der Richtung des Beleuchtungslichts zurückreflektierten Lichts wird als Mass für die thermische Abstrahlung verwendet.

BEST AVAILABLE COPY

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum optischen Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit von Festkörpern, wobei ein Beleuchtungslichtbündel senkrecht auf diese Oberfläche gerichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Rauheit die Intensität des gestreuten Lichts in mindestens zwei unterschiedlichen Polarwinkeln gemessen wird, die in einer senkrecht auf die Oberfläche stehenden und das Beleuchtungslichtbündel schneidenden Ebene liegen und zum Bestimmen der thermischen Strahlungseigenschaft der Oberfläche die Intensität des in der Richtung des Beleuchtungslichtbündels reflektierten Lichts gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beleuchtungslichtquelle und je eine Einrichtung zum Messen des gestreuten und des reflektierten Lichts vom Messbereich entfernt angeordnet sind und für die Übertragung des Beleuchtungslichts von der Lichtquelle in den Messbereich und zum Übertragen des gestreuten und des reflektierten Lichts aus dem Messbereich zu den Messeinrichtungen Faserlichtleiter verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit eines oder mehrerer Objekte die Messwerte einer Mehrzahl in zeitlicher Aufeinanderfolge an verschiedenen Orten des einen Objekts bzw. an den mehreren Objekten ausgeführten Messungen integriert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Abweichung der Oberflächenbeschaffenheit eines oder mehrerer Objekte von der Oberflächenbeschaffenheit eines Musters die an dem Muster gemessenen Werte für die Rauheit und/oder Abstrahlung gespeichert und die Messwerte des einen oder der mehreren Objekte mit den bzw. dem gespeicherten Werten verglichen werden.

5. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer ersten Einrichtung (50, 35, 31) zum Beleuchten einer Oberfläche (40) eines auf einer Tragplatte oder einer Transportbahn befindlichen einstückigen Festkörpers oder einer Festkörperschüttung mit einem senkrecht auftreffenden Lichtbündel (41) gekennzeichnet durch eine zweite Einrichtung (32, 36, 52 bzw. 33, 37, 53) zum Messen der Intensität des vom beleuchteten Bereich der Oberfläche gestreuten Lichts, welche zweite Einrichtung mindestens zwei optische Systeme (32, 33) aufweist, die zum Empfangen des vom beleuchteten Bereich (34) der Oberfläche (40) in mindestens zwei vorgegebenen Richtungen gestreuten Lichts vorgesehen sind, wobei die optische Achse (41) des optischen Systems (31) der ersten Einrichtung und die optischen Achsen (42, 43) der optischen Einrichtungen (32, 33) der zweiten Einrichtung in der gleichen, senkrecht auf der Oberfläche stehenden Ebene liegen sowie durch eine dritte Einrichtung (31, 38, 54) zum zusätzlichen Bestimmen der thermischen Strahlungseigenschaft der Oberfläche, welche dritte Einrichtung (31, 38, 54) mit einem optischen System (31) zum Empfangen des von dem beleuchteten Oberflächenbereich (34) in senkrechter Richtung reflektierten Lichts zu sehen ist, wobei dieser dritten Einrichtung das gleiche optische System (31) wie der ersten Einrichtung (50, 35, 31) zugeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Einrichtung eine Lichtquelle (50) enthält sowie einen Lichtleiter (35), dessen Eintrittsfläche im Bereich der Lichtquelle angeordnet ist und dessen Austrittsfläche mit einem zum Fokussieren des aus dem Lichtleiter austretenden Lichts auf der Oberfläche (40) des Festkörpers geeigneten optischen System (31) zusammenwirkt und die zweite Einrichtung mindestens zwei optische Systeme (32, 33) enthält, von denen jedes Streulicht von dem beleuchteten Bereich (34) der Oberfläche (40) in die Eintrittsfläche eines

zugeordneten Lichtleiters (36 bzw. 37) einleitet sowie mindestens zwei Lichtempfänger (52, 53), von denen jeder im Bereich der Austrittsfläche eines Lichtleiters angeordnet ist, welche Lichtempfänger ein dem zugeleiteten Licht entsprechendes elektrisches Signal erzeugen und die dritte Einrichtung einen Lichtleiter (38) enthält, dessen Eintrittsfläche der Austrittsfläche des Lichtleiters (35) der ersten Einrichtung benachbart angeordnet ist und zum Einleiten des reflektierten Lichts in den Lichtleiter (38) mit dem gleichen optischen System (31) wie die erste Einrichtung zusammenwirkt sowie einen dritten Lichtempfänger (54).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtleiter (35) der ersten Einrichtung und der vierte Lichtleiter (38) in der dritten Einrichtung als Faserlichtleiter ausgebildet sind, deren Fasern im Bereich der Austritts- bzw. der Eintrittsfläche gemischt sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit von Festkörpern, wobei ein Beleuchtungslichtbündel senkrecht auf diese Oberfläche gerichtet wird und eine Vorrichtung zur Ausführung dieses Verfahrens.

Die Oberflächenbeschaffenheit von Festkörpern wird von mehreren Eigenschaften bestimmt, deren relative Bedeutung von der vorgesehenen Verwendung des Festkörpers abhängig ist. Eine für die meisten Verwendungen wichtige Eigenschaft ist die Rauheit der Oberfläche, die durch mechanisches Abtasten längs einer Oberflächenlinie direkt gemessen werden kann. Nachteilig an diesem Messverfahren ist, dass es nur zum Messen der makroskopischen Rauheit, deren Profil mit einer Nadel abtastbar ist, verwendet werden kann, dass nur das Rauheitsprofil längs der Verschiebelinie der Abtastnadel auf einer festen Oberfläche erfasst wird und dass die Rauheit einer losen Oberfläche, beispielsweise von einer Pulverschicht, nicht bestimmt werden kann.

Es sind darum auch schon indirekte Messverfahren entwickelt worden, bei denen die durch die Oberflächenrauheit bedingte optische Reflexion und/oder Streuung eines Oberflächenteils ausgewertet wird. Bei einer ersten Gruppe dieser Verfahren wird die Oberfläche mit schräg einfallendem Licht beleuchtet und die Intensität des im Spiegelwinkel reflektierten Lichts gemessen (ZS. Fertigungstechnik 4/71 S. 127). Dabei ist die Intensität des reflektierten Lichts nicht nur von der durch die integralen Oberflächenunebenheiten bedingten Oberflächenrauheit abhängig, sondern auch von der Struktur dieser Rauheit, die beispielsweise als Folge der vorgängigen Bearbeitung eine Vorzugsrichtung aufweisen kann. Die Folge davon ist, dass bei diesen Verfahren die gemessene Intensität auch stark vom Winkel zwischen der Ebene, in der das beleuchtende und das reflektierte Licht liegen und der Vorzugsrichtung der Rauheitsstruktur abhängig ist. Bei einer zweiten Gruppe solcher Verfahren wird die Oberfläche mit senkrecht einfallendem Licht beleuchtet und die Intensität des Streulichts längs eines durch die Mitte des Beleuchtungslichtbündels verlaufenden Kreisbogens gemessen (ZS. Feinwerktechnik und Messtechnik 91, 1983/2, S. 63). Die Auswertung der Streuung eines senkrecht einfallenden Lichtbündels ermöglicht bessere Rauheitsbestimmungen als das Messen der Reflexion im Spiegelwinkel der schräg einfallenden Beleuchtung, hat aber den Nachteil, dass zum Trennen des Beleuchtungs- und des Streulichts ein halbdurchlässiger Spiegel erforderlich ist, der das auszuwertende Streulicht schwächt und einen Teil des Beleuchtungslichts dem Streulicht überlagert, und dass für die Auswertung eine Mehrzahl Lichtempfänger benötigt

werden, die längs des beschriebenen Kreisbogens angeordnet sind. Bei den bisher bekannten Vorrichtungen wird die Mehrzahl der Lichtempfänger sequenziell abgetastet, was die Messgeschwindigkeit beeinträchtigt.

Der vorliegenden Erfindung liegt darum die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum berührungslosen Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit von Festkörpern anzugeben, dessen Ergebnisse mit der mechanisch gemessenen tatsächlichen Rauhtiefe gut korrelieren, und besonders bei mikrostrukturierten festen und losen Oberflächen nur eine geringe Abhängigkeit von der Richtung der Struktur aufweisen und darum gut reproduzierbar sind, dessen Beleuchtungs- und Streulicht nicht durch optische Mittel voneinander getrennt werden müssen und das mit einer Mindestanzahl an Lichtempfängern ausgeführt werden kann. Für viele Werkstücke wird die geforderte Oberflächenbeschaffenheit nicht nur hauptsächlich durch die Rauheit, sondern ebenso durch die thermische Abstrahlung bestimmt. Das gilt beispielsweise für Teile in Verbrennungskraftmaschinen, aber auch für Bauelemente der Mikroelektronik. Der Erfindung lag darum die weitere Aufgabe zugrunde, das Verfahren zum Bestimmen der Oberflächenrauheit durch ein weiteres Verfahren zum gleichzeitigen Bestimmen der thermischen Abstrahlung zu ergänzen.

Bei der Lösung dieser Aufgabe war davon ausgegangen worden, dass bei der überwiegenden Mehrzahl mikrostrukturierten Oberflächen die Intensität des von einem senkrecht einfallenden Lichtbündel erzeugten Streulichts als Funktion des in einer senkrecht auf der Oberfläche stehenden und die Mittelachse des Beleuchtungslichts schneidende Ebene liegenden Beobachtungswinkels praktisch eine Gaußsche Verteilung aufweist, bzw. als Glockenkurve darstellbar ist, deren ansteigender und abfallender Ast etwa spiegelsymmetrisch zur genannten Mittelachse verlaufen. Weiter war gefunden worden, dass die durch die Rauheit bestimmte Form dieser Glockenkurve aus der Steilheit eines relativ kleinen Teils der Kurve bzw. eines Kurvenasts extrapoliert werden kann.

Bei der Lösung der weiteren Aufgabe war davon ausgegangen worden, dass gemäss dem bekannten Kirchhoffschen Gesetz die thermische Abstrahlung einer Oberfläche zahlenmässig gleich dem Absorptionsvermögen ist, und dass für solche Oberflächen, die für die auftreffende Strahlung undurchlässig sind, die Abstrahlung gleich dem Einheitswert minus der Reflexion ist.

Das erfindungsgemässe Verfahren ist darum dadurch gekennzeichnet, dass zum Bestimmen der Rauheit die Intensität des gestreuten Lichts in mindestens zwei unterschiedlichen Polarwinkeln gemessen wird, die in einer senkrecht auf der Oberfläche stehenden und das Beleuchtungslichtbündel schneidenden Ebene liegen und zum Bestimmen der thermischen Strahlungseigenschaften der Oberfläche die Intensität des in der Richtung des Beleuchtungslichtbündels reflektierten Lichts gemessen wird.

Dieses Verfahren ermöglicht die gut reproduzierbare, von der Richtung einer Mikrostruktur weitgehend unabhängige und mit der mechanisch gemessenen Rauhtiefe gut korrelierbare Bestimmung der Rauheit. Weiter sind bei dem Verfahren das Beleuchtungslichtbündel und die mindestens zwei Streulichtbündel räumlich voneinander getrennt, und für die Bestimmung der Form der Streulichtkurve werden nur mindestens zwei ortsfeste Lichtempfänger benötigt. Das Verfahren kann darum mit einer relativ einfachen Vorrichtung und auch von wenig qualifiziertem Personal ausgeführt werden und eignet sich darum besonders für die industrielle Rauheitsmessung und die Messung der Körnung von losen Oberflächen im «on-line»-Betrieb.

Da im allgemeinen die thermische Abstrahlung einer

Oberfläche zunimmt, wenn die Rauheit abnimmt, ermöglicht die gleichzeitige Bestimmung von Rauheit und Abstrahlung, diese beiden Eigenschaften für eine gegebene Verwendung zu optimieren. Eine zum Ausführen der beiden Verfahren geeignete Vorrichtung enthält eine erste Einrichtung zum Beleuchten einer Oberfläche eines auf einer Tragplatte oder einer Transportbahn befindlichen einstückigen Festkörpers oder einer Festkörperschüttung mit einem senkrecht auftreffenden Lichtbündel und ist gekennzeichnet durch eine zweite Einrichtung zum Messen der Intensität des vom beleuchteten Bereich der Oberfläche gestreuten Lichts, welche zweite Einrichtung mindestens zwei Lichtempfänger aufweist, die zum Empfang des vom beleuchteten Bereich der Oberfläche in mindestens zwei vorgegebene Richtungen gestreuten Lichts vorgesehen sind, wobei die optischen Achsen der ersten Einrichtung und der Lichtempfänger der zweiten Einrichtung in der gleichen, senkrecht auf der Oberfläche stehenden Ebene liegen, und durch eine dritte Einrichtung zum zusätzlichen Bestimmen der thermischen Strahlungseigenschaft der Oberfläche, welche dritte Einrichtung mit einem Lichtempfänger zum Empfang des von dem beleuchteten Oberflächenbereich in senkrechter Richtung reflektierten Lichts vorgesehen ist, wobei dieser dritten Einrichtung das gleiche optische System wie der ersten Einrichtung zugeordnet ist.

Nachfolgend wird das Verfahren anhand einer zu dessen Ausführung geeigneten Vorrichtung und mit Hilfe der Figuren beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 die Intensität des Streulichts in Abhängigkeit vom Beobachtungswinkel für zwei Oberflächen unterschiedlicher Rauheit, aufgezeichnet in kartesischen Koordinaten,
- Fig. 2 die schematische Darstellung eines Messkopfs mit den optischen Einrichtungen und
- Fig. 3 das Blockschema einer elektronischen Schaltung zum Auswerten der vom Messkopf erzeugten Signale.

Die Fig. 1 zeigt ein kartesisches Koordinatensystem mit zwei an Oberflächen unterschiedlicher Rauheit gemessenen Streulichtkurven. Längs der Ordinate ist die Intensität des Streulichts in willkürlichen Einheiten aufgezeichnet, längs der Abszisse der Streulichtwinkel gegenüber der Senkrechten, d.h. der Einfallrichtung des Beleuchtungslichts. Die Kurve 11 wurde an einer Oberfläche gemessen, die Unebenheiten mit einer Tiefe von etwa $0,025 \mu\text{m}$ und ohne mikroskopisch erkennbare Orientierung aufwies. Die Kurve 12 wurde an einer Oberfläche gemessen, deren Unebenheiten eine Tiefe von bis zu $0,2 \mu\text{m}$ und bei mikroskopischer Betrachtung eine klare Orientierung (Schleifspuren) zeigte. Die Ebene, in der die der Kurve 12 entsprechenden Intensitäten des Streulichts gemessen wurden, verlief praktisch quer zur Richtung der Schleifspuren. Die Figur zeigt deutlich, dass die Breiten 13, 14 der Streulichtkurven 11, 12 bei der Hälfte der maximalen Intensität 26 bzw. 27 um so kleiner und folglich die Steilheit der Kurve um so geringer ist, je geringer die Rauheit der streuenden Oberfläche ist. Weiter ist aus der Fig. 1 zu ersehen, dass der Verlauf der Kurven in einem begrenzten und dem senkrechten Einfallswinkel benachbarten Winkelbereich durch eine gerade Linie 17 bzw. 18 angenähert werden kann. Wie jeder Fachmann sofort erkennt, lässt sich der Verlauf der Streulichtkurve, wenn das Verteilungsgesetz der Lichtstreuung etwa einer Gaußschen Verteilung entspricht, aus der Steilheit eines zwischen zwei benachbarten Streuwinkeln liegenden Kurvensegments extrapolieren. Wenn die beiden für diese Bestimmung verwendeten Streuwinkel, im gezeigten Beispiel 3° und 6° , vorgegeben sind, genügt es dann, die Differenz zwischen den bei

den beiden Streuwinkeln gemessenen Intensitäten des Streulichts 20, 21 bzw. 23, 24 zu kennen.

Es versteht sich, dass die obige Betrachtung der in der Figur linken Äste der Glockenkurve für die in der Figur rechten Kurvenäste gilt. Es versteht sich weiter, dass die Maxima 26, 27 der Streulichtkurven 11, 12 der Intensität des in der (senkrechten) Beleuchtungsrichtung zurückreflektierten Lichts entsprechen.

Die Fig. 2 zeigt schematisch den Messkopf einer zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeigneten Vorrichtung. Der Messkopf enthält ein Gehäuse 30, das insbesondere zum Abschirmen von Fremdlicht vorgesehen und entsprechend ausgestaltet ist. Im Messkopf sind drei optische Systeme 31, 32, 33 befestigt, die auf den gleichen Punkt 34 fokussiert sind. Das eine optische System 31 ist zum Beleuchten des Punkts 34 mit einem senkrecht auftreffenden Lichtbündel 41 vorgesehen. Dazu wirkt das optische System mit der Austrittsfläche eines Lichtleiters 35 zusammen, in dessen (in Fig. 3 gezeigtes) Eintrittsende das Licht einer Lichtquelle und vorzugsweise einer Halogenlampe einge- leitet wird. Die beiden anderen optischen Systeme 32, 33 leiten das unter einem Winkel von 3° bzw. 6° gegenüber dem Beleuchtungsbündel gestreute Licht, dessen Achsen mit 42, 43 bezeichnet sind in je einen zugeordneten Lichtleiter 36 bzw. 37 ein. Die Fasern des Lichtleiters 35 sind im Bereich des Austrittsendes mit den Fasern am Eintrittsende eines weiteren Lichtleiters 38 gemischt, der das in der Richtung des Beleuchtungslichtbündels zurückreflektierte Licht aufnimmt. Die drei Lichtleiter führen das eingeleitete, gestreute bzw. reflektierte Licht zu einem zugeordneten fotoelektrischen Wandler, was mit Hilfe der Fig. 3 beschrieben werden wird.

Bei der gezeigten Ausführungsform des Messkopfs sind die beiden optischen Systeme 32, 33 und die Eintrittsenden der damit zusammenwirkenden Lichtleiter 32 bzw. 33 in unterschiedlichen Quadranten der von der beleuchteten Fläche 40 und dem senkrecht auftreffenden Beleuchtungslichtbündel 41 bestimmten Ebene angeordnet. Diese Anordnung ermöglicht einen vereinfachten Aufbau der relativ nahe benachbarten optischen Systeme. Auf das Ergebnis der Messung hat diese Anordnung der optischen Systeme keinen Einfluss.

Die Fig. 3 zeigt das Blockschema einer elektronischen Schaltung zum Erzeugen des Beleuchtungslichtbündels und zum Auswerten des von den optischen Systemen aufgenommenen und in die zugeordneten Lichtleiter eingeleiteten gestreuten und reflektierten Lichts. Die Schaltung enthält eine Lichtquelle 50, vorzugsweise eine Halogenlampe mit einem breiten Emissionsspektrum, der ein optisches System 51 zugeordnet ist, um das Licht in die Eintrittsfläche des Lichtleiters 35 einzuleiten. Die Schaltung enthält weiter drei optoelektronische Wandler 52, 53 und 54, vorzugsweise Fotoelemente, die den Austrittsflächen der Lichtleiter 36, 37 bzw. 38 zugeordnet sind. Jedem Wandler sind in einer Serieschaltung ein Eingangsverstärker 56, 57 bzw. 58, ein Hochpassfilter 59, 60 bzw. 61, ein Bandsperrfilter 63, 64, 65, ein Gleichrichter 67, 68 bzw. 69 und ein Tiefpassfilter 71, 72, bzw. 73 nachgeschaltet. Die Ausgänge der beiden Tiefpassfilter 71, 72 sind mit den Eingängen eines ersten Differenzverstärkers 73 verbunden, dessen Ausgang an eine erste Anzeigeeinrichtung 74 angeschlossen ist. Der Ausgang des Tiefpassfilters 73 ist mit dem Eingang eines zweiten Differenzverstärkers 76 verbunden, dessen Ausgang an eine zweite Anzeigeeinrichtung 77 angeschlossen ist. Als Anzeigeeinrichtungen können einfacherweise Drehspulinstrumente verwendet werden.

Beim Betrieb der den Messkopf, die Lichtleiter und die elektronische Schaltung enthaltenden Vorrichtung wird das Licht von der Lichtquelle 50 vom optischen System 51 in den

4

Lichtleiter 35 eingeleitet. Das aus dem Lichtleiter austretende Licht wird vom optischen System 31 in das Lichtbündel 41 verwandelt, das im Messpunkt 34 auf der Fläche 40 fokussiert ist.

Das vom Bereich 34 mit einem Winkel von 3° und 6° gegenüber der Flächennormale gestreute Licht wird von den optischen Systemen 32 und 33 in die Lichtleiter 36 bzw. 37 eingeleitet. Das aus den Lichtleitern austretende Licht fällt auf die Fotoelemente 52 bzw. 53, von denen jedes ein Ausgangssignal erzeugt, das der Intensität des auftreffenden Lichts entspricht. Die Ausgangssignale werden in den Eingangsverstärkern 56 bzw. 57 verstärkt und in den anschließenden Serieschaltungen, enthaltend den Hochpass- und den Bandsperrfilter 59, 60 bzw. 63, 64, den Gleichrichter 67 bzw. 68 und den Tiefpassfilter 71 bzw. 72 werden mögliche Störsignale und -Komponenten ausgefiltert. Im ersten Differenzverstärker 73 wird das Ausgangssignal des Tiefpassfilters 71 vom Ausgangssignal des Tiefpassfilters 72 subtrahiert. Wie aus der vorgängigen Beschreibung zu ersehen ist, entsprechen diese beiden Ausgangssignale den vom optischen System 32 aufgenommenen um 3° gegen die Flächennormale geneigten bzw. dem vom optischen System 33 aufgenommenen und um 6° gegen die Flächennormale geneigten Streulicht. Da die beiden Messwinkel konstant sind, entspricht die Differenz des gemessenen Streulichts, d.h. das Ausgangssignal des ersten Differenzverstärkers, der Neigung der Streulichtkurve in einem gegebenen Winkelbereich und bildet darum eine charakteristische Grösse für den Verlauf der gesamten Streulichtkurve, wie es mit Hilfe der Fig. 2 erläutert wurde. Das von der Anzeigeeinrichtung 74 angezeigte Ausgangssignal des Differenzverstärkers ist darum auch eine Bestimmungsgrösse für die die Streuwertkurve bedingende Rauheit des Bereichs 34 der Oberfläche 40.

Das vom gleichen Flächenbereich in der Richtung des Beleuchtungslichtbündels zurückreflektierte Licht wird vom optischen System 31 in den Lichtleiter 38 und von diesem auf das Fotoelement 54 geleitet, das ein der Intensität des auftreffenden Lichts entsprechendes Ausgangssignal erzeugt. Das Ausgangssignal des Fotoelements wird im Eingangsverstärker 58 verstärkt, und in der anschließenden Serieschaltung von Hochpassfilter 61, Bandsperrfilter 65, Gleichrichter 69 und Tiefpassfilter 73 werden mögliche Störsignale und -Komponenten ausgefiltert. Das am Ausgang des Tiefpassfilters 73 erscheinende reine Gleichspannungssignal wird im zweiten Differenzverstärker 76 von einer voreinstellbaren Spannung subtrahiert, welche letztere einer 100%igen Abstrahlung bzw. der Reflexion 0 entspricht. Die am Ausgang des Differenzverstärkers erscheinende Differenzspannung entspricht dann der Abstrahlung der Oberfläche 40 im beleuchteten Bereich 34 und wird als quantitativer Wert von der Anzeigeeinrichtung 77 angezeigt.

Es versteht sich, dass die beschriebene Vorrichtung und insbesondere die stark vereinfachte elektronische Auswerteschaltung auf vielerlei Weise geändert und an spezielle Betriebsbedingungen angepasst werden kann. Beispielsweise kann der in Fig. 2 schematisch gezeigte Messkopf zur Anpassung an unterschiedliche Messbedingungen höhenverstellbar und seitlich verschwenkbar angeordnet werden. Es ist auch möglich für eine genaue Bestimmung des Verlaufs der Streulichtkurve oder eines Teils dieser Kurve mehr als die beispielsweise beschriebenen zwei optischen Systeme im Messkopf anzuordnen und die Auswerteschaltung entsprechend zu ändern. Bei der Bestimmung der Streulichtkurve mit nur zwei optischen Systemen werden die Winkel der Achsen dieser Systeme gegenüber der Senkrechten vorzugsweise entsprechend dem erwarteten Kurvenverlauf eingestellt. Dazu können die optischen Systeme im Messkopf einer zum Bestimmen der Oberflächenbeschaffenheit unterschied-

licher Festkörper vorgesehenen Vorrichtung verschwenkbar angeordnet werden oder für die «on-line»-Bestimmung an gleichen, vor gegebenen Festkörpern mit optimaler Neigung fest voreingestellt werden. Zwischen der Lichtquelle und dem Beleuchtungslichtleiter kann ein Zerhacker eingesetzt werden, der Lichtimpulse erzeugt, deren Folgefrequenz mit der Vorschubgeschwindigkeit des oder der zu prüfenden Festkörperoberflächen abgestimmt ist. Bei einer solchen Ausführungsform wird vorteilhafterweise auch eine Synchronisierereinrichtung für die drei elektronischen Signalkanäle verwendet, beispielsweise eine von den Lichtimpulsen gesteuerte Schwellwertschaltung, die eine zwischen dem Gleichrichter und dem Tiefpassfilter jedes Kanals angeschlossenen «sample-and-hold»-Schaltung steuert. Eine derartige Anordnung ist besonders vorteilhaft, wenn die zu untersuchende Festkörperoberfläche gekrümmt oder ein Gitter ist. Es ist auch möglich, in der Verbindungsleitung zwischen dem Ausgang jedes der Differenzverstärker und der Anzeigeeinrichtung eine Summierschaltung vorzusehen, der zusätzliche einstellbare Signale zugeleitet werden. Solche Signale können als Korrekturwerte verwendet werden, um durch das Material der untersuchten Oberfläche und/oder deren vorgängige Bearbeitung erzeugten Abweichungen der bestimmten Rauheit und Abstrahlung zu berichtigen. Zwischen dem Ausgang jedes Differenzverstärkers oder der Summierschaltung und der Anzeigeeinrichtung können auch Komparatoren angeschlossen werden. Diese ermöglichen, bei der laufenden Kontrolle der Rauheit und/oder der Abstrahlung im «on-line»-Betrieb zuerst mit Hilfe eines Musters die optimalen Werte zu bestimmen und die zuläs-

sigen Abweichungen vorzugeben und ein Signal zu erzeugen oder beispielsweise eine Auswurfteinrichtung zu betätigen, wenn die Rauheit und/oder die Abstrahlung einer Festkörperoberfläche nicht innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs liegen. Anstelle der im gezeigten Ausführungsbeispiel als Drehspulinstrument ausgebildeten Anzeigeeinrichtung können auch als Digitalanzeige ausgebildete Einrichtungen verwendet werden. Die Anzeigeskala kann in willkürliche oder in Rauheits- bzw. Abstrahlungseinheiten unterteilt sein. 10 Anstelle einer Anzeigeeinrichtung kann auch ein Schreibautomat oder beispielsweise ein rechnerkompatibler Ausgang verwendet werden.

Bei einer praktisch erprobten Ausführungsform der neuen 15 Vorrichtung betrug der Abstand zwischen den optischen Systemen im Messkopf und der zu untersuchenden Oberfläche zwischen 50 bis 100 mm. Der vom Beleuchtungslichtbündel ausgeleuchtete Bereich war quadratisch mit einer Seitenlänge von etwa 2 mm. Das Beleuchtungslicht wurden in 20 2000 Impulse/Sekunde zerhackt, was einer Dauer der Einzelmessung von 0,5 m/sek. entsprach bzw. einer Vorschubgeschwindigkeit der zu untersuchenden Oberfläche von 4 m/sek. Diese hohe Messgeschwindigkeit wird durch die simultane Auswertung der elektronischen Signale erreicht, 25 im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen, bei denen die Signale sequenziell verarbeitet werden. Reproduzierbare Ergebnisse konnten auch an einem Gitter beobachtet werden, dessen Drahtdurchmesser 0,2 mm betrug und dessen Vorschub unter dem Messkopf mit der Impulsfolge des 30 Beleuchtungslichts synchronisiert war.

